

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-36788

(P2004-36788A)

(43) 公開日 平成16年2月5日(2004.2.5)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

F16C 33/372  
C10M 105/04  
C10M 107/38  
C10M 149/18  
C10M 169/02

F1

F16C 33/372  
C10M 105/04  
C10M 107/38  
C10M 149/18  
C10M 169/02

テーマコード(参考)

3J101  
3J104  
4H104

審査請求 未請求 請求項の数 12 O L (全 16 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号

特願2002-195817(P2002-195817)

(22) 出願日

平成14年7月4日(2002.7.4)

(71) 出願人

000004204

日本精工株式会社

東京都品川区大崎1丁目6番3号

(74) 代理人

100066980

弁理士 森 哲也

(74) 代理人

100075579

弁理士 内藤 嘉昭

(74) 代理人

100103850

弁理士 崔 秀▲てつ▼

(72) 発明者

山本 豊寿

神奈川県藤沢市鵠沼神明一丁目5番50号

日本精工株式会社内

(72) 発明者

齋藤 剛

神奈川県藤沢市鵠沼神明一丁目5番50号

日本精工株式会社内

最終頁に続く

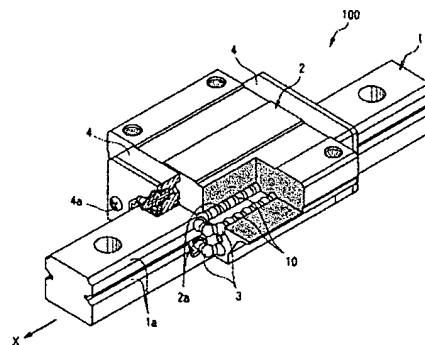
(54) 【発明の名称】 転動装置及び転動装置用セパレータ

(57) 【要約】

【課題】長寿命化を確保し、メンテナンスフリー又はメンテナンス期間の延長を実現するとともに、外部環境への汚染を抑制可能な転動装置及び転動装置用セパレータを提供する。

【解決手段】隣接するボール3間に介装されるセパレータ10を、金属材料又は体積比で10～40%の気孔を有するポリイミド樹脂粉末の焼結体から形成された多孔質体から構成するとともに、この多孔質体に、液体フッ素化ポリマー油又はアルキル化シクロペンタンを主成分とする潤滑油や、フッ素系グリースを含浸させる。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

外方部材と、内方部材と、前記外方部材及び内方部材の間に転動自在に配設される複数の転動体と、当該複数の転動体間に介装される複数のセパレータと、を備えた転動装置において、

前記セパレータが、多孔質体から構成されていることを特徴とする転動装置。

## 【請求項 2】

前記多孔質体が、金属材料から形成されていることを特徴とする請求項 1 に記載の転動装置。

## 【請求項 3】

前記多孔質体が、ポリイミド樹脂粉末の焼結体であることを特徴とする請求項 1 に記載の転動装置。

## 【請求項 4】

前記ポリイミド樹脂粉末の焼結体は、体積比で 10～40%の気孔を有していることを特徴とする請求項 3 に記載の転動装置。

## 【請求項 5】

前記多孔質体に、潤滑剤が含まれていることを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか一項に記載の転動装置。

## 【請求項 6】

前記潤滑剤が、液体フッ素化ポリマー油又はアルキル化シクロペンタンを主成分とした潤滑油であることを特徴とする請求項 5 に記載の転動装置。

## 【請求項 7】

前記潤滑剤が、フッ素系グリースであることを特徴とする請求項 5 に記載の転動装置。

## 【請求項 8】

前記外方部材、前記内方部材、及び前記転動体の少なくともいずれかが、セラミックス、超硬合金、ステンレス鋼及びサーメットから選択される一種或いは二種以上を組み合わせて構成されていることを特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれか一項に記載の転動装置。

## 【請求項 9】

転動装置を構成する複数の転動体間に介装され、金属材料又は体積比 10～40%の気孔を有するポリイミド樹脂粉末の焼結体から形成された多孔質体からなることを特徴とする転動装置用セパレータ。

## 【請求項 10】

前記多孔質体に、潤滑剤を含浸させたことを特徴とする請求項 9 に記載の転動装置用セパレータ。

## 【請求項 11】

前記潤滑剤が、液体フッ素化ポリマー油又はアルキル化シクロペンタンを主成分とした潤滑油であることを特徴とする請求項 10 に記載の転動装置用セパレータ。

## 【請求項 12】

前記潤滑剤が、フッ素系グリースであることを特徴とする請求項 10 に記載の転動装置用セパレータ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

## 【発明の属する技術分野】

本発明は、産業用機械などに組み込まれるリニアガイドやボールねじなどの転動装置及び転動装置用セパレータに関し、特に、クリーンルーム、半導体製造装置、液晶パネル製造装置、ハードディスク製造装置などのように清浄環境下でも好適に使用可能とするために有効な技術に関する。

## 【0002】

## 【従来の技術】

10

20

30

40

50

ボールねじなどの転動装置においては、転動体が転動するナット（外方部材）及びねじ軸（内方部材）の軌道面に、グリースなどの潤滑剤を供給することで、転がり摩擦を減少させ、転動装置の耐久性（寿命）を向上させる手段が提案されている。

#### 【0003】

ところが、このような転動装置を、例えば半導体製造装置や液晶パネル製造装置などの真空下で使用すると、潤滑剤の蒸気がその使用環境を汚染してしまうという問題があった。このため、真空下で用いられる転動装置には、潤滑剤として、低蒸気圧の潤滑油や固体潤滑剤などが用いられている。この固体潤滑剤としては、一般的に、二硫化モリブデンなどの層状物質、金、銀、鉛などの軟質金属系固体潤滑剤や、ポリテトラフルオロエチレン（PTFE）などの高分子系固体潤滑剤などが挙げられる。

10

#### 【0004】

しかしながら、上述した固体潤滑剤は、摩耗粉（パーティクル）が発生してしまうため、導電性のある軟質金属系の固体潤滑剤を真空下で用いる転動装置に適用すると、この摩耗粉が半導体素子のパターン上に付着し、回路を短絡させるという不具合があった。また、二硫化モリブデン、PTFEなどの固体潤滑剤は、摺動相手剤に転移しがたく、且つ、耐摩耗性が低いため、耐久性が不十分であるという不具合があった。

#### 【0005】

そこで、本出願人は、特開2001-248708号公報において、緻密な窒化層を形成し、且つ、官能基を有する含フッ素重合体とパーフロロポリエーテル（PFPE）とからなる潤滑剤で、軌道面を被覆した転動装置を提案している。

20

また、本出願人は、特開2001-72987号公報において、20℃における蒸気圧が $10^{-11}$  Torr以下であるアルキル化シクロペンタンを主成分とする潤滑剤で、軌道面を被覆した転動装置を提案している。

#### 【0006】

このような潤滑剤で軌道面を被覆した転動装置によれば、発塵性やアウトガスを抑制し、且つ、固体潤滑剤を用いた転動装置と比べて、長寿命化を実現することが可能となった。また、ボールねじなどの転動装置においては、低騒音化及び長寿命化を実現させるために、隣接するボール間にセパレータ（保持ピース）を介装し、このセパレータをボールの転動に伴って移動させることで、隣接するボール同士の競り合いを回避する手段も提案されている。

30

#### 【0007】

このセパレータは、例えば、略円柱形状を有し、その円柱の両底面にボールを保持する凹面が形成されている。また、セパレータは、非強化或いは適当な補強材を含有する樹脂組成物の成型体から構成されており、この樹脂組成物の形成材料として、例えば、66ナイロンなどのポリアミド樹脂が適用されている。

#### 【0008】

##### 【発明の解決しようとする課題】

ところで、近年、半導体素子を始め各種デバイスの高集積化、微細化が進むにつれ、製造過程に半導体素子などの表面に微細な粒子やガスが付着し、製品性能、信頼性、歩留まりなどに及ぼす影響が懸念されてきている。このため、転動装置の長寿命化を実現させるのみならず、転動装置から外部に飛散・蒸発する粒子やガスなどを低減させることが切望されている。

40

#### 【0009】

ここで、上述した潤滑剤で軌道面を被覆した転動装置においては、発塵性やアウトガスを抑制することができるが、薄い潤滑膜によって潤滑しているため、いずれ潤滑膜がなくなることによって寿命に達する。このため、近年、切望されているメンテナンスフリー化やメンテナンス期間の延長を実現するためには、未だ解決の余地があった。

#### 【0010】

一方、上述したセパレータを介装した転動装置においては、セパレータの形成材料として適用されているポリアミド樹脂が、吸水してガスを放出してしまうというおそれがあった

50

。また、セパレータの形成材料として適用されているポリアミド樹脂は、無潤滑或いは潤滑剤が微量である場合、摩耗が著しく発生し、短期間で寿命に至ってしまうとともに、摩耗粉によって転動装置の外部環境を汚染してしまうおそれがあった。

#### 【0011】

本発明は、上記事情に鑑みてなされたものであり、転動装置の長寿命化を実現し、メンテナンスフリー又はメンテナンス期間を大幅に延長するとともに、外部環境への粒子やガスの飛散・蒸発を抑制し、清浄環境下において好適に使用可能な転動装置及び転動装置用セパレータを提供することを課題としている。

#### 【0012】

10

##### 【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するために、本発明の転動装置は、外方部材と、内方部材と、前記外方部材及び内方部材の間に転動自在に配設される複数の転動体と、当該複数の転動体間に介装される複数のセパレータと、を備えた転動装置において、前記セパレータが、多孔質体から構成されていることを特徴としている。

#### 【0013】

また、本発明の転動装置は、前記多孔質体が、金属材料から形成されているようにしてもよい。

さらに、本発明の転動装置は、前記多孔質体が、ポリアミド樹脂粉末の焼結体であるようにしてもよい。このとき、ポリアミド樹脂粉末の焼結体は、体積比で10～40%の気孔を有していることが好ましい。

#### 【0014】

さらに、本発明の転動装置は、前記多孔質体に、潤滑剤が含浸されていることが好ましい。

さらに、本発明の転動装置は、前記潤滑剤が、液体フッ素化ポリマー油又はアルキル化シクロペンタンを主成分とした潤滑油であるようにしてもよい。

さらに、本発明の転動装置は、前記潤滑剤が、フッ素系グリースであるようにしてもよい。

#### 【0015】

さらに、本発明の転動装置は、前記外方部材、前記内方部材、及び前記転動体の少なくとも一つが、セラミックス、超硬合金、ステンレス鋼及びサーメットから選択される一種或いは二種以上を組み合わせて構成されていることが好ましい。

本発明の転動装置用セパレータは、転動装置を構成する複数の転動体間に介装され、金属材料又は体積比で10～40%の気孔を有するポリアミド樹脂粉末の焼結体から形成された多孔質体からなることを特徴としている。

#### 【0016】

また、本発明の転動装置用セパレータは、前記多孔質体に、潤滑剤が含浸されていることが好ましい。

さらに、本発明の転動装置用セパレータは、前記潤滑剤が、液体フッ素化ポリマー油又はアルキル化シクロペンタンを主成分とする潤滑油であるようにしてもよい。

40

#### 【0017】

さらに、本発明の転動装置用セパレータは、前記潤滑剤が、フッ素系グリースであるようにしてもよい。

本発明の転動装置によれば、セパレータを多孔質体から構成することによって、セパレータとして十分な機能を備えつつ、見かけ上の密度が小さく軽量になるため、安定した作動性を確保することができる。

#### 【0018】

また、セパレータを多孔質体から構成することによって、セパレータの表面及び内部に存在する多数の細孔に潤滑剤が効果的に保持されるようになるため、耐摩耗性及び耐焼き付き性を向上させ、転動装置の長寿命化を実現させることが可能となる。

50

さらに、セパレータの表面及び内部に存在する多数の細孔に潤滑剤が効果的に保持されることによって、転動装置の作動中に潤滑剤が外部に飛散しにくくなるため、転動装置の外部環境への汚染を抑制することが可能となる。

#### 【0019】

特に、セパレータを構成する多孔質体を金属材料から形成することによって、耐久性をさらに向上させるとともに、従来のポリアミド樹脂からなるセパレータで問題視されていた外部環境へのガス発生を抑制することが可能となる。

また、セパレータを構成する多孔質体をポリイミド樹脂粉末の焼結体から形成することによって、耐熱性をさらに向上させることが可能となる。

#### 【0020】

本発明における転動装置によれば、セパレータに潤滑剤が含浸されていることによって、転動体とセパレータとの接触面に潤滑剤が供給されにくくなった状況や一時的に潤滑剤の供給が遮断された状況となった場合であっても、このセパレータに含浸された潤滑剤が転動体に移着するため、安定した作動性を確保することが可能となる。このため、転動装置の耐摩耗性及び耐焼き付き性をさらに向上させることができ、さらなる長寿命化を実現することが可能となる。

#### 【0021】

特に、潤滑剤として、液体フッ素化ポリマー油又はアルキル化シクロペンタンを主成分とした潤滑油を用いると、単分子被膜程度の厚さでも潤滑効果を有するとともに、低蒸気圧であるから短時間で揮発せず、アウトガスの発生を低く抑えることが可能となる。

また、液体フッ素化ポリマー油又はアルキル化シクロペンタンを主成分とした潤滑油は、耐熱性に優れたものであるため、特に、転がり軸受に比べて摩擦発熱が大きいボールねじやリニアガイドなどの転動装置においても、問題なく適用することができる。ここで、アルキル化シクロペンタンを主成分とした潤滑油は、液体フッ素化ポリマー油よりも潤滑性に優れているため、さらなる長寿命化を実現することができる。

#### 【0022】

本発明における転動装置によれば、外方部材、内方部材、及び転動体の少なくともいずれかが一つが、セラミックス、超硬合金、ステンレス鋼及びサーメットから選択される一種或いは二種以上を組み合わせて構成されていることによって、セパレータとの衝突力が大幅に低減され、安定した作動性を確保できるため、転動装置のさらなる長寿命化を実現することが可能となる。

#### 【0023】

本発明の転動装置用セパレータによれば、本発明の転動装置を容易に実現することが可能となる。

#### 【0024】

##### 【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施形態について図面を参照して説明する。

##### 【第一実施形態】

図1は、本発明における転動装置の一例としてリニアガイドの一構成例を示す一部断面斜視図である。図2は、図1におけるセパレータの一構成例を示す断面図である。

#### 【0025】

リニアガイド100は、図1に示すように、略四角柱状の案内レール（内方部材）1と、この案内レール1に対して相対移動可能に跨設され、横断面略コ字状のスライダ（外方部材）2と、案内レール1の両側面に形成される第一のボール軌道溝1aとスライダ2の両袖部内側に形成される第二のボール軌道溝2aとで形成されたボール転動路に転動自在に配設された複数のボール（転動体）3とから構成されている。

#### 【0026】

また、スライダ2には、その軸方向両端部に、エンドキャップ固定ボルト4aによって着脱自在にエンドキャップ4が設けられている。このエンドキャップ4内には、ボール転動路及びこのボール転動路の一端側から転動してくるボール3を他端側に戻すボール循環路

10

20

30

40

50

を連結させる略U字状のボール戻し通路が備えられており、ボール3は、ボール循環路を経て、ボール転動路を繰り返し転動可能となっている。

#### 【0027】

そして、このボール3が、ボール転動路に沿って転がり運動をすることによって、スライダ2が案内レール1の長手方向（図1におけるX方向）に直線運動を行うようになっている。

ここで、このリニアガイド100において、隣接するボール3間には、セパレータ10が介装され、ボール3間の競り合いが抑制されている。また、セパレータ10には、潤滑剤（図示せず）が含浸されている。

#### 【0028】

次に、リニアガイド100を構成する構成部材について詳細に説明する。

案内レール1、スライダ2及びボール3の少なくともいずれか一つは、セラミックス材料、各種超硬合金、ステンレス鋼及び各種サーメットから選択される一種或いは二種以上の組み合わせから構成されている。特に、耐摩耗性を向上させるために、セラミックス材料から構成することが好ましい。

#### 【0029】

セラミックス材料としては、例えば、窒化ケイ素（ $\text{Si}_3\text{N}_4$ ）系、ジルコニア（ $\text{ZrO}_2$ ）系、アルミナ（ $\text{Al}_2\text{O}_3$ ）系、炭化ケイ素（ $\text{SiC}$ ）系、窒化アルミ（ $\text{AlN}$ ）系、炭化ホウ素（ $\text{B}_4\text{C}$ ）系、ホウ化チタン（ $\text{TiB}_2$ ）系、窒化ホウ素（ $\text{BN}$ ）系、炭化チタン（ $\text{TiC}$ ）系、窒化チタン（ $\text{TiN}$ ）系を単独或いはこれらの化合物を複合させたセラミックス系複合材料などが挙げられる。特に、軽量で、且つ、高い破壊靱性値を有する窒化ケイ素を用いることが好ましい。また、比強度や破壊靱性などを向上させるために、例えば、炭化ケイ素ウイस्カー、窒化ケイ素ウイस्カー、アルミナウイस्カー、窒化アルミニウムウイस्カーなどの繊維状充填材を配合するようにしてもよい。

#### 【0030】

超硬合金としては、例えば、 $\text{WC-Co}$ 系、 $\text{WC-Cr}_3\text{C}_2\text{-Co}$ 系、 $\text{WC-TaC-Co}$ 系、 $\text{WC-TiC-Co}$ 系、 $\text{WC-NbC-Co}$ 系、 $\text{WC-TaC-NbC-Co}$ 系、 $\text{WC-TiC-TaC-NbC-Co}$ 系、 $\text{WC-TiC-TaC-Co}$ 系、 $\text{WC-ZrC-Co}$ 系、 $\text{WC-TiC-ZrC-Co}$ 系、 $\text{WC-TaC-VC-Co}$ 系、 $\text{WC-Cr}_3\text{C}_2\text{-VC-Co}$ 系、 $\text{WC-TiC-Cr}_3\text{C}_2\text{-Co}$ 系、 $\text{WC-TiC-TaC}$ 系、 $\text{WC-Co-Ni}$ 系等が挙げられる。また、非磁性であり、耐食性を向上させた超硬合金として、 $\text{WC-Ni}$ 系、 $\text{WC-Cr}_3\text{C}_2\text{-Mo}_2\text{C-Ni}$ 系、 $\text{WC-Ti(C, N)-TaC}$ 系、 $\text{WC-Ti(C, N)}$ 系、 $\text{Cr}_3\text{C}_2\text{-Ni}$ 系などが挙げられる。

#### 【0031】

なお、 $\text{WC-Co}$ 系の代表的な組成は、 $\text{W}:\text{Co}:\text{C}=(70.41\sim91.06):(3.00\sim25.00):(4.59\sim5.94)$ である。また、 $\text{WC-TaC-NbC-Co}$ 系の代表的な組成は、 $\text{W}:\text{Co}:\text{Ta}:\text{Nb}:\text{C}=(65.7\sim86.3):(5.8\sim25.0):(1.4\sim3.1):(0.3\sim1.5):(4.7\sim5.8)$ である。さらに、 $\text{WC-TiC-TaC-NbC-Co}$ 系の代表的な組成は、 $\text{W}:\text{Co}:\text{Ta}:\text{Ti}:\text{Nb}:\text{C}=(65.0\sim75.3):(6.0\sim10.7):(5.2\sim7.2):(3.2\sim11.0):(1.6\sim2.4):(6.2\sim7.6)$ である。さらに、 $\text{WC-TaC-Co}$ 系の代表的な組成は、 $\text{W}:\text{Co}:\text{Ta}=(53.51\sim90.30):(3.50\sim25.00):(0.30\sim25.33)$ である。さらに、 $\text{WC-TiC-Co}$ 系の代表的な組成は、 $\text{W}:\text{Co}:\text{Ti}=(57.27\sim78.86):(4.00\sim13.00):(3.20\sim25.59)$ である。さらに、 $\text{WC-TiC-TaC-Co}$ 系の代表的な組成は、 $\text{W}:\text{Co}:\text{Ta}:\text{Ti}:\text{C}=(47.38\sim87.31):(3.00\sim10.00):(0.94\sim9.38):(0.12\sim25.59):(5.96\sim10.15)$ である。

#### 【0032】

10

20

30

40

50

ステンレス鋼としては、例えば、マルテンサイト系ステンレス鋼（JIS SUS440C、13Cr系ステンレス鋼など）、オーステナイト系ステンレス鋼（JIS SUS304、SUS316Lなど）、このオーステナイト系ステンレス鋼に表面硬化処理を施したもの、析出硬化型ステンレス鋼（JIS SUS630など）が挙げられる。

#### 【0033】

サーメットとしては、例えば、TiC-Ni系、TiC-Mo-Ni系、TiC-Co系、TiC-Mo<sub>2</sub>-C-Ni系、TiC-Mo<sub>2</sub>-C-ZrC-Ni系、TiC-Mo<sub>2</sub>-C-Co系、Mo<sub>2</sub>-C-Ni系、Ti(C, N)-Mo<sub>2</sub>-C-Ni系、TiC-TiN-Mo<sub>2</sub>-C-Ni系、TiC-TiN-Mo<sub>2</sub>-C-TaC-Ni系、TiC-TiN-Mo<sub>2</sub>-C-WC-TaC-Ni系、TiC-WC-Ni系、Ti(C, N)-WC-Ni系、TiC-Mo系、Ti(C, N)-Mo系、ホウ化物系（MoB-Ni系、B<sub>4</sub>C/(W, Mo)B<sub>2</sub>系など）が挙げられる。ここで、Ti(C, N)-Mo<sub>2</sub>-C-Ni系、Ti(C, N)-WC-Ni系、Ti(C, N)-Mo系は、TiC-Mo<sub>2</sub>-C-Ni系、TiC-WC-Ni系、TiC-Mo系を窒素ガス（N<sub>2</sub>）中で焼結した合金である。

#### 【0034】

なお、サーメットの代表的な組成は、TiC-30%Mo<sub>2</sub>-C-20%Ni、TiC-19%Mo<sub>2</sub>-C-24%Ni、TiC-8%Mo<sub>2</sub>-C-15%Ni、Ti(C, N)-25%Mo<sub>2</sub>-C-15%Ni、TiC-14%TiN-19%Mo<sub>2</sub>-C-24%Ni、TiC<sub>0.7</sub>N<sub>0.3</sub>-11%Mo<sub>2</sub>-C-24%Ni、TiC<sub>0.7</sub>N<sub>0.3</sub>-19%Mo<sub>2</sub>-C-24%Ni、TiC<sub>0.7</sub>N<sub>0.3</sub>-27%Mo<sub>2</sub>-C-24%Ni、TiC-20%Mo-15%Ni、TiC-30%Mo-15%Niなどである。

#### 【0035】

セパレータ10は、図2に示すように、表面及び内部に複数の気孔を有する多孔質体からなる略円柱形状を有し、その両底面に、ボール3の転動面を保持するゴシックアーチ形状の凹面10aが形成された構成をしている。なお、ゴシックアーチ形状とは、凹面10aを形成する曲率半径Rの中心Oが、ボールの中心O<sub>1</sub>から変位させて二箇所に設けられた形状を示す。

#### 【0036】

この多孔質体を形成する多孔質材料としては、特に限定されないが、金属材料やポリイミド樹脂粉末の焼結体などが好適に用いられる。

ここで、金属材料としては、特に限定されないが、例えば、ステンレス鋼、ニッケル、チタン、銅、鉄、アルミニウム及びこれらの合金などが挙げられる。

また、ポリイミド樹脂（以下、PI樹脂と称す）は、芳香族カルボン酸と芳香族アミンを縮合重合させて得られるものであって、優れた耐熱性、耐薬品性、機械的性質及び電気絶縁性を有する合成樹脂を指す。なお、この発明に用いられるPI樹脂は、主鎖にイミド結合を有するが、主鎖にイミド結合とアミド結合とを有するポリアミドイミド樹脂は含まない。このようなPI樹脂は、耐熱性が高く、真空中のように放熱がない状況でも熔融しないので、広範囲の温度条件で良好な摩擦・摩耗特性を示すことが可能である。そして、PI樹脂は、熱可塑性樹脂のように溶解しないので、その粒界に存在させる気孔率を自在にコントロールし、気孔を有するように調整できる。

#### 【0037】

このようなPI樹脂としては、特に限定されないが、例えば、UIP-S, R（宇部興産社製、商品名）、TI-3000（東レ社製、商品名）、ベスペル（デュポン社製、商品名）、或いはオーラム（三井化学社製、商品名）などが挙げられる。

なお、PI樹脂には、成形性や摺動性特性を改良するために、PTFE、グラファイト、二硫化モリブデン、或いは窒化ホウ素などの固体潤滑剤を添加するようにしてもよい。

#### 【0038】

なお、金属材料からなる金属多孔質材料の形成方法は、特に限定されないが、その一例と

して以下の方法が挙げられる。例えば、まず、上述した金属材料を酸化雰囲気中で酸化して、金属化合物間に酸化物を成長させることで、膨張した粒界にクラックを発生させる。次いで、この金属化合物間に成長した酸化物をガス還元し、共有結合を金属結合に変えることで、 $H_2$ 、 $O$ ガスが結晶粒界に発生して抜けることにより、金属多孔質材料を得ることができる。

#### 【0039】

また、金属多孔質材料の他の製造方法として、以下の方法も挙げられる。まず、金属粉末を含有する水系スラリーに界面活性剤と蒸発型発泡剤（疎水性の揮発性有機溶剤）を添加し、ドクターブレード法により薄膜に成型する。次いで、温度を上昇して蒸発型発泡剤を揮発させ、その蒸気圧により直接スラリーを発泡させた後、乾燥、脱脂、焼結を行い、金属多孔質材料を得ることもできる。

#### 【0040】

さらに、金属多孔質材料の他の方法として、金属繊維を焼結することで金属多孔質材料を形成する方法や、発泡ウレタンに導電性処理を施し、メッキを行った後、ウレタンを加熱除去することで金属多孔質材料を形成する方法や、上述したメッキの代わりに金属粉末スラリーを塗布し、焼結とともにウレタンを除去することで金属多孔質材料を形成する方法などいずれの方法を用いるようにしてもよい。

#### 【0041】

一方、樹脂材料からなる樹脂多孔質材料の形成方法は、上述の樹脂材料を室温での加圧成形後、不活性ガス又は加圧雰囲気中で焼成する方法の他、加熱圧縮成形、ラム押し出し、CIPなどによる成形方法などが挙げられる。このとき、原料となる樹脂材料の平均粒径や圧力などを適時調整することで、ポリイミド樹脂粉末の焼結体を形成することができる。特に、発塵量を低減し、長寿命化を実現させるために、体積比で10～40%の気孔を形成することが好ましい。

#### 【0042】

なお、材料となるPI樹脂粉末の粒径は、 $40\mu m$ 以下であることが好ましく、さらに好ましくは $5\sim 30\mu m$ とするのがよい。ここで、PI樹脂粉末の粒径が $40\mu m$ を超えると、粒子間の気孔が大きくなり、含浸油の保持率（保油率）が低下するため好ましくない。

このセパレータ10に含浸される潤滑剤としては、例えば、潤滑油や半固体状潤滑油（グリース）などが挙げられる。

#### 【0043】

潤滑油としては、液体フッ素化ポリマー油や、アルキル化シクロペンタンを主成分とした潤滑油などが好適に用いられる。

ここで、液体フッ素化ポリマー油としては、例えば、パーフルオロポリエーテル（PFPE）、パーフルオロポリアルキルエーテル（PFPAE）、トリフルオロエチレンのテロマー、フルオロシリコーンのポリマーなどが挙げられる。具体的には、フォンブリン（アウジモント社製、商品名）や、クライトックス（デュポン社製、商品名）、デムナム（ダイキン社製、商品名）などが用いられる。

#### 【0044】

また、アルキル化シクロペンタンを主成分とした潤滑油としては、例えば、トリ（2-オクチルドデシル）シクロペンタン、トリ- $n$ -オクチルシクロペンタン、テトラ- $n$ -オクチルシクロペンタン、ペンタ- $n$ -オクチルシクロペンタン、トリ- $n$ -ノニルシクロペンタン、ペンタ- $n$ -デシルシクロペンタン、ペンタ- $n$ -ドデシルシクロペンタン、テトラ-2-エチルヘキシルシクロペンタンなどが挙げられる。具体的には、synthetic Oil 2001A（Nye Lubricants社製、商品名）などが用いられる。

#### 【0045】

グリースとしては、液体フッ素化ポリマーからなる基油と、固体フッ素化ポリマーからなる増ちょう剤との混合物であるフッ素化ポリマーが好適に用いられる。具体的には、固体



フッ素化ポリマーとして、ポリテトラフルオロエチレン（PTFE）や、テトラフルオロエチレンとヘキサフルオロプロペンとのコポリマーや、テトラフルオロエチレンとペルフルオロプロピルビニルエーテルとのコポリマー、及びこれらのポリマーの混合物などが挙げられる。

#### 【0046】

ここで、上述した多孔質体から構成されるセパレータ10に、潤滑剤を含浸させる方法としては、特に限定されないが、気孔内の空気や水分の排除を容易にするために、減圧雰囲気下で操作することが好ましい。また、含浸を効率よく行うために、加熱しながら行うようにしてもよい。

このように、本実施形態のリニアガイド100によれば、セパレータ10を金属多孔質材料や体積比10～40%の気孔を有するポリイミド樹脂粉末の焼結体からなる多孔質体から構成したことによって、セパレータ10として十分な機能を備えつつ、見かけ上の密度が小さく軽量になるため、作動性を向上させることが可能となる。

#### 【0047】

特に、セパレータ10を構成する多孔質体を金属材料から形成することによって、耐久性をさらに向上させるとともに、従来のポリアミド樹脂からなるセパレータで問題視されていた外部環境へのガス発生を抑制することが可能となる。

また、セパレータ10を構成する多孔質体を体積比10～40%のポリイミド樹脂粉末の焼結体から形成することによって、耐熱性をさらに向上させるとともに、焼結粒子の粒界に存在させる気孔率を自在に調整でき、含浸させる潤滑剤の含有量やしみだし速度をコントロールできるため、さらなる長寿命化を実現させることが可能となる。

#### 【0048】

さらに、セパレータ10を多孔質体から構成することによって、セパレータ10に含浸させた潤滑剤が、セパレータ10の表面及び内部に存在する多数の気孔に効果的に保持されるようになるため、耐焼き付き性を向上させ、転動装置の長寿命化を実現することが可能となる。

さらに、セパレータ10の表面及び内部に存在する多数の気孔に潤滑剤が効果的に保持されるようになることによって、リニアガイド100の作動中に潤滑剤が飛散しにくくなるため、外部環境への汚染を抑制することが可能となる。

#### 【0049】

さらに、セパレータ10に潤滑剤を含浸させたことによって、例えば、リニアガイド100の運転時にボール3とセパレータ10との接触面に潤滑剤が供給されにくい状況や一時的に潤滑剤の供給が遮断された状況となった場合においても、セパレータ10に含浸された潤滑剤がボール3に移着するため、安定した作動性を確保することができる。このため、リニアガイド100における耐摩耗性及び耐焼き付き性をさらに向上させ、さらなる長寿命化を実現することが可能となる。

#### 【0050】

さらに、セパレータ10に含浸させる潤滑剤として、液体フッ素化ポリマー油又はアルキル化シクロペンタンを主成分とする潤滑油や、フッ素化グリースなどを適用することによって、極めて揮発性が低く、真空或いは高温環境下でも比較的蒸発が少ないため、粒子やガスの飛散・蒸発による外部環境への汚染を最小限に抑制することが可能となる。

#### 【0051】

さらに、案内レール1、スライダ2及びボール3の少なくともいずれか一つを、セラミックス材料、各種超硬合金、ステンレス鋼及び各種サーメットから選択される一種或いは二種以上の組み合わせから構成したことによって、セパレータ10との衝突力を大幅に低減させ、安定した作動性を確保できるため、リニアガイド100の長寿命化を実現することが可能となる。

#### 〔第二実施形態〕

図3は、本発明における転動装置の他の例としてボールねじの一構成例を示す断面図である。

## 【0052】

本実施形態におけるボールねじ200は、図3に示すように、外周面に螺旋状の第一のねじ溝11aを有するねじ軸（内方部材）11と、この第一のねじ溝11aと対向する内周面に第二のねじ溝12aを有するナット（外方部材）12と、この第一のねじ溝11aと第二のねじ溝12aとの間に形成されたボール転動路に転動自在に配設された複数のボール（転動体）3とから構成されている。

## 【0053】

また、このボール転動路の一端には、転動してくるボール3をすくい上げ、他端に送るリターンチューブ（ボール循環路）14がチューブ押さえ14aによって固定されている。さらに、ナット12の軸方向一端には、ナット12をテーブル等に固定するためのフランジ15が形成されており、このフランジ15とねじ軸11との間、及びナット12の軸方向他端側とねじ軸11との間は、防塵用シール16で閉塞されている。

## 【0054】

そして、このボールねじ200は、ねじ軸11とナット12とを相対的に回転させて一方を軸方向に移動させることで、複数のボール3の転動を介して、ねじ軸11とナット12との相対螺旋運動が行われるようになっている。

ここで、このボールねじ200において、隣接するボール3間には、第一実施形態と同様のセパレータ10が介装され、ボール3間の競り合いが抑制されている。また、セパレータ10には、潤滑剤（図示せず）が含浸されている。

## 【0055】

このボールねじ200を構成するねじ軸11、ナット12、ボール3、及び潤滑剤は、上述した第一実施形態と同様の構成材料で形成されている。

このように、本実施形態のボールねじ200によれば、上述の第一実施形態と同様の効果を得ることが可能となる。

なお、第一実施形態及び第二実施形態において、略円柱形状を有するセパレータ10について説明したが、例えば、多角柱状などその他の形状としてもかまわない。また、セパレータ10として、凹面10aがゴシックアーチ形状のものについて説明したが、これに限らず、例えば、ボール3の半径に近似した曲率のR形状や円錐形状などその他の形状としてもかまわない。さらに、セパレータ10は、ボール3との対向面における縁部に丸みが形成されているものであってもかまわない。

## 【0056】

また、第一実施形態及び第二実施形態においては、転動装置としてリニアガイド100やボールねじ200に適用した例について説明したが、これに限らず、その他の転動装置に適用することも可能である。

## 【0057】

## 【実施例】

次に、本発明の効果を、以下の実施例に基づいて検証する。

## 【第一実施例】

表1に示す構成材料からボールねじ（ねじ軸直径：15mm、リード：10mm）を作製した。なお、セパレータは、図2に示すようなゴシックアーチ形状の凹面を有し、以下に説明した▲1▼～▲5▼の形成材料を用いて、機械加工或いは射出成型により作製した。

▲1▼ニッケルクロム系多孔質金属材料（住友電気工業製：セルメットNi-Cr#5、気孔率50%、平均気孔直径0.6mm）

▲2▼ステンレス系多孔質金属材料（虹技製：KCメタルファイバー焼結品、気孔率50%、平均気孔直径0.6mm）

▲3▼ポリアミドPA66（BASFジャパン製：ウルトラミットA）

▲4▼PFPE油（NOKクリューバ製：バリエルタオイルIS/V）

▲5▼フッ素系グリース（ダイキン工業製：L200）

このように作製したボールねじにおいて、図4に示す真空ボールねじ試験装置を下記の条件下で運転し、耐久性試験及び発塵量測定試験を行った。なお、図4中の符号300は真

空ボールねじ試験装置、21はACターボモータ、22は真空槽、23はおもり、24は回転止め、25はナット、26はボールねじ軸、27はパーティクルセンサ、28は集塵ロート、29は観察用窓、30は磁性流体シールユニットをそれぞれ示す。

〔真空ボールねじ試験装置運転条件〕

圧力： $1 \times 10^{-4}$  Pa

温度条件：室温

回転速度： $500 \text{ min}^{-1}$

負荷荷重：39.2 N

ストローク：200 mm

〔耐久性試験〕

真空ボールねじ試験装置がロックした時点を、寿命として判断した。

10

〔発塵量測定試験〕

真空ボールねじ試験装置におけるボールねじの下方に設置したレーザ光散乱型パーティクルカウンタを用いて、 $0.21 \mu\text{m}$ 以上の発塵粒子の個数を測定した。ここで、発塵量の測定は、試験開始30分後から30分間隔で5回のサンプリング（サンプリング時間各3分）を行い、その平均値を発塵量として判断した。

【0058】

なお、耐久性試験及び発塵量測定試験の結果はいずれも、比較例1の耐久性試験結果（寿命）及び発塵量測定結果を1とした場合の相対値として、表1に示した。

【0059】

20

【表1】

	軸およびねじ軸	セパレータ	転動体	耐久性	発塵量
実施例 1	SUS440C	ニッケル-クロム系多孔質 金属材料 + P F P E 油含浸	SUS440C	10	0.01
実施例 2	SUS440C	ステンレス系多孔質金属材料 + P F P E 油含浸	SUS440C	11	0.005
実施例 3	SUS440C	ステンレス系多孔質金属材料 + P F P E 油含浸	窒化けい素	20	0.003
実施例 4	SUS440C	ステンレス系多孔質金属材料 + フッ素系グリース含浸	SUS440C	22	0.001
比較例 1	SUS440C	P A 6 6	SUS440C	1	1
比較例 2	SUS440C	P A 6 6 + P F P E 油含浸 表面塗布	SUS440C	2	0.2
比較例 3	SUS440C	P A 6 6 + フッ素系グリース 表面塗布	SUS440C	3.5	0.4

## 【0060】

表1に示すように、セパレータとして多孔質体から構成した実施例1～4においては、比較例1～3と比べて、耐久性を向上させるとともに、発塵量を削減させていることが分かった。特に、実施例2及び実施例3の結果より、セパレータ以外の部材である転動体をセラミックスから構成したことによって、耐久性が大幅に向上していることが分かった。また、実施例2及び実施例4の結果より、セパレータを含浸させる潤滑剤として、液体フッ素化ポリマー油よりもフッ素系グリースを用いた方が、発塵量を大幅に低減させていることが分かった。

## 【第二実施例】

全芳香族ポリイミド（東レ社製、T I - 3 0 0 0）を、成形圧力  $4000 \text{ kgf/cm}^2$ 、窒素雰囲気下での焼成温度  $350^\circ\text{C}$ 、焼結時間2時間の条件下で、成形及び焼結した。そして、図5に示すように、転動体の半径に近似した曲率のR形状の凹面を有し、気孔

率30%の多孔質焼結体からなるセパレータを得た。

【0061】

このセパレータを、フッ素油（ダイキン工業製、デムナムS-200）及びアルキル化シクロペンタン（Nye Lubricants社製、synthetic Oil 2001A）中に浸漬し、1 Torrまで減圧して、気孔内に潤滑油を含浸させた。

そして、セパレータの表面に付着した余分な潤滑油を清浄な布で拭き取り、このセパレータをSUS440C製のボールねじ（日本精工株式会社製、W1503KA）に組み込んだ。

【0062】

このように作製したボールねじにおいて、表2に示すように、セパレータの気孔率やねじ 10  
軸、ナット、転動体などの転動部材に被覆する潤滑被膜を様々変更し、第一実施例と同様の装置を用いて、下記の条件下で耐久性試験及び発塵量測定試験を行った。なお、耐久性試験及び発塵量測定試験の結果はいずれも、比較例1の耐久性試験結果（寿命）及び発塵量測定結果を1とした場合の相対値として、表2に示した。

〔耐久性試験条件〕

荷重：軸受方向荷重110 N（ダブルナット方式）

ストローク：180 mm

軸回転速度：2000 min<sup>-1</sup>

真空度：2×10<sup>-4</sup> Pa

なお、耐久試験条件における寿命は、初期トルクの3倍になる時点で、寿命として判定し 20  
た。

〔発塵量測定試験条件〕

荷重：デッドウェイト 50 N（シングルナット方式）

ストローク：300 mm

真空度：2×10<sup>-4</sup> Pa

試験時間：24 時間

【0063】

【表2】

	セパレータ	寿命比	発塵量
実施例11	気孔率30%	12.5	1.3
実施例12	気孔率30%	13.1	1.5
実施例13	気孔率10%	9.5	1.1
実施例14	気孔率20%	11.2	1.2
実施例15	気孔率40%	14.3	2.4
実施例16	気孔率30%	25.5	1.1
比較例11	なし	1	1
比較例12	なし	3.0	0.9
比較例13	なし	2.1	2.1
比較例14	気孔率0%	1.3	0.9
比較例15	気孔率5%	2.4	1.1
比較例16	気孔率50%	14.6	4.7

【0064】

なお、表2中の実施例11、実施例13～15、比較例11、比較例15～16では、含フッ素重合体（フォンブリン Z DIAC）とフッ素油（デムナムS-200）との混合物を、ねじ軸、ナット、転動体、循環チューブに1 μmの厚さで被覆した。また、表2 50

中の実施例 1 2 及び比較例 1 3 においては、アルキル化シクロペンタン (N y e L u b r i c a n t s 社製、s y n t h e t i c O i l 2 0 0 1 A) を、ねじ軸、ナット、転動体、循環チューブに  $1\mu\text{m}$  の厚さで被覆した。さらに、表 2 中の実施例 1 6 及び比較例 1 2 では、ダイヤモンドライクカーボン (D L C) をねじ軸に  $2\mu\text{m}$  の厚さで被覆した。

#### 【0065】

図 6 は、ポリイミド樹脂粉末の焼結体から構成されたセパレータの有する気孔率と、寿命との関係を示す図である。

図 7 は、ポリイミド樹脂粉末の焼結体から構成されたセパレータの有する気孔率と、発塵量との関係を示す図である。

表 2 に示すように、セパレータとして、体積比で 1 0 ~ 4 0 % の気孔率を有するポリイミド樹脂粉末の焼結体から構成された実施例 1 1 ~ 1 6 においては、比較例と比べて、耐久性を向上させるとともに、発塵量を削減させていることが分かった。特に、実施例 1 6 の結果より、体積比で 3 0 % の気孔率を有するポリイミド樹脂粉末の焼結体からセパレータを構成するとともに、ねじ軸に  $2\mu\text{m}$  の厚さのダイヤモンドライクカーボンを被覆したことによって、寿命比を大幅に向上させるとともに、発塵量を大幅に低減させていることが分かった。

#### 【0066】

また、比較例 1 4 ~ 1 6 の結果と、図 6 及び図 7 に示す結果より、気孔率が 1 0 % 未満であると発塵量は大幅に低減できるが、寿命比も大幅に低減してしまい、且つ、気孔率が 4 0 % を超えると寿命比は向上できるが、発塵量は増加してしまうことが分かった。

#### 【0067】

##### 【発明の効果】

以上説明したように、本発明の転動装置によれば、セパレータを多孔質体から構成したことによって、転動装置の長寿命化を確保できるとともに、転動装置の外部環境への汚染を抑制することが可能となる。

本発明の転動装置用セパレータによれば、本発明の転動装置を容易に実現することが可能となる。

##### 【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明における転動装置の一例としてリニアガイドの一構成例を示す一部断面図である。

【図 2】図 1 におけるセパレータの一構成例を示す拡大断面図である。

【図 3】本発明における転動装置の他の例としてボールねじの一構成例を示す一部断面斜視図である。

【図 4】真空ボールねじ試験装置を示す模式図である。

【図 5】本発明におけるセパレータの他の構成例を示す拡大断面図である。

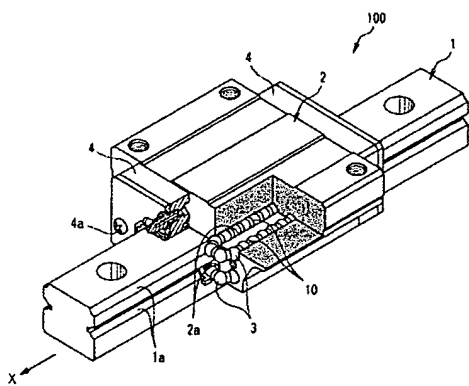
【図 6】ポリイミド樹脂粉末の焼結体から構成されたセパレータの有する気孔率と、寿命との関係を示す図である。

【図 7】ポリイミド樹脂粉末の焼結体から構成されたセパレータの有する気孔率と、発塵量との関係を示す図である。

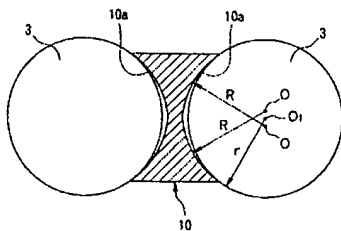
##### 【符号の説明】

- 1 案内レール (内方部材)
- 2 スライダ (外方部材)
- 3 ボール (転動体)
- 1 0 セパレータ
- 1 1 ねじ軸 (内方部材)
- 1 2 ナット (外方部材)
- 1 0 0 リニアガイド (転動装置)
- 2 0 0 ボールねじ (転動装置)

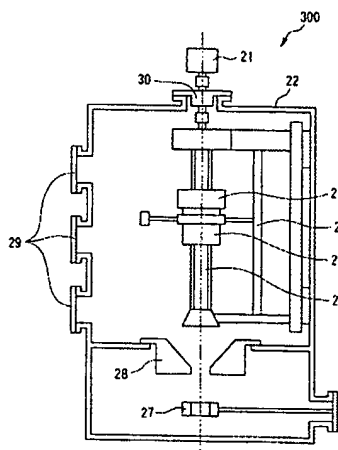
【図 1】



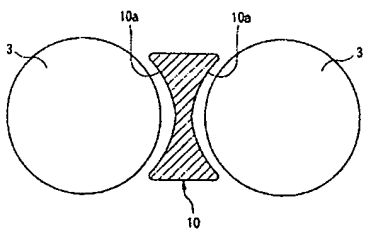
【図 2】



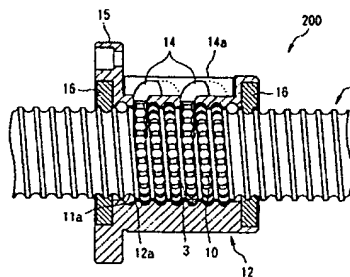
【図 4】



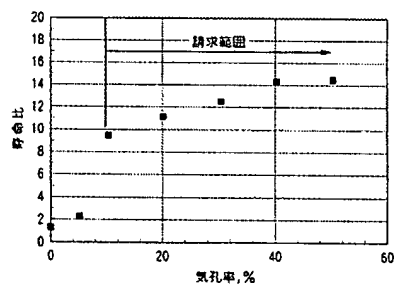
【図 5】



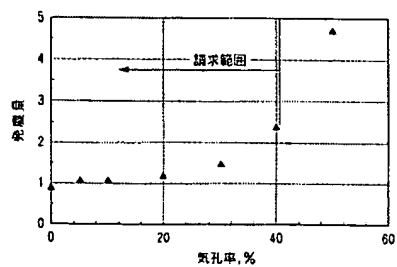
【図 3】



【図 6】



【図 7】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>

F I

テーマコード (参考)

C 1 0 M 169/04	C 1 0 M 169/04	
F 1 6 C 19/50	F 1 6 C 19/50	
F 1 6 C 29/06	F 1 6 C 29/06	
F 1 6 C 33/66	F 1 6 C 33/66	A
// C 1 0 N 40:02	C 1 0 N 40:02	
C 1 0 N 50:10	C 1 0 N 50:10	

(72)発明者 伊藤 裕之

神奈川県藤沢市鵠沼神明一丁目5番50号 日本精工株式会社内

Fターム(参考) 3J101 AA02 AA33 AA42 AA44 AA64 AA65 AA71 AA87 BA10 BA13  
 BA20 BA70 BA77 CA12 CA14 DA14 DA20 EA06 EA12 EA23  
 EA25 EA33 EA34 EA41 EA55 EA64 EA67 EA75 FA32 FA48  
 FA60 GA31 GA55  
 3J104 AA03 AA23 AA63 AA65 AA69 AA74 AA75 AA78 BA01 BA11  
 BA74 CA01 CA03 CA07 CA09 CA11 CA15 CA16 CA22 CA23  
 CA24 CA33 CA34 DA05 DA20 EA01 EA10  
 4H104 BA02A CD01A CD02A CD04A CE13C PA01 QA18 RA03